

## 当て板補修された断面欠損を有するトラス斜材の分担軸力の評価

関西大学大学院 学生員 平井 大稀  
 関西大学 正会員 石川 敏之

### 1. はじめに

鋼橋ではある程度進行した腐食損傷に対して、鋼板を高力ボルトで当て板補修する場合がある。断面欠損部材の当て板補修では、断面欠損部の分担軸力が断面欠損部と当て板の合成断面よりも高くなることが明らかにされている<sup>1)</sup>。断面欠損部材の当て板補修に関する研究は、帯板鋼板モデルに対する力の伝達メカニズムの検討が多い<sup>2)</sup>が、実構造は、帯板鋼板モデルの評価よりも複雑になる。また、**図-1**に示すように、トラス斜材の当て板補修方法は、接合部と同様、ボルト列数は2本以上とされているが、ボルト本数やボルト配置が明確に定められていない。本研究では、軸力を受ける高力ボルト当て板補修された断面欠損を有するトラス斜材を対象に、断面欠損部の分担軸力の推定式を導出し、その妥当性を検証する。また、トラス斜材の当て板補修による分担軸力に影響を与える項目に対して、有限要素解析を用いて評価する。

### 2. 有限要素解析

**図-2**に示す軸力を受ける高力ボルト当て板補修されたトラス斜材を対象に、有限要素解析(以下、FEM解析)を行い、分担軸力を評価する。また、コンクリート床版に埋め込まれた斜材では、コンクリート床版と平行に埋設部の上下面の腐食が著しいため、ボルト間に2列の欠損を模擬した。**図-3**に示す解析モデルでは、ウェブ厚  $t_w = 9$  mm, フランジ厚  $t_f = 11$  mm, ウェブ, フランジの板幅を、それぞれ 326, 300 mm, ウェブとフランジ部の内側および外側の当て板の幅  $w_{pw}$ ,  $w_{pf1}$ ,  $w_{pf2}$  をそれぞれ 270, 60, 300 mm で一定とし、残存ウェブ厚  $t_{wd}$ , 残存フランジ厚  $t_{fd}$ , 断面欠損長さ  $l_d$ , ボルト間長  $l_b$  を変化させた。**図-3**に解析モデル(1/2モデル)の境界条件と要素分割の一例を示す。解析条件はトラス斜材と当て板、当て板と高力ボルトの接する面の摩擦係数を 0.45 とし、接触を考慮した。解析モデルで用いた高力ボルト(M22)は、トルシア形高力ボルトを想定し、片側にワッシャーを設け、頭部は円柱形で再現した。トラス斜材、当て板の降伏応力をそれぞれ

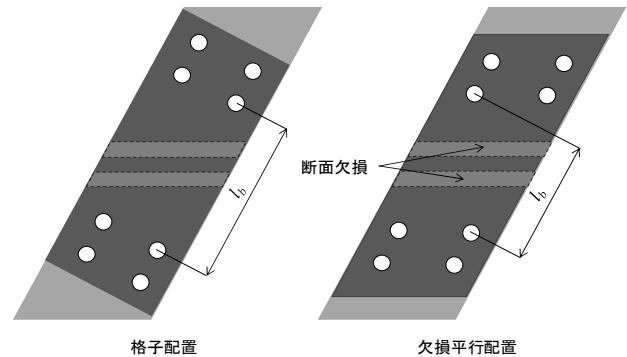


図-1 トラス斜材の当て板補修方法の一例

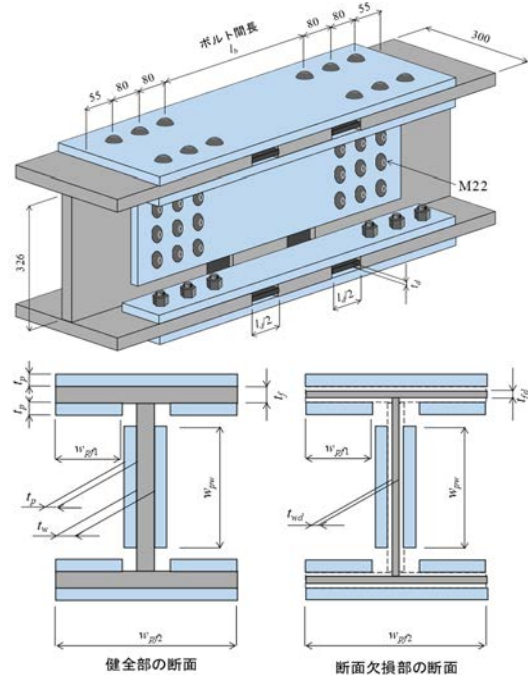


図-2 高力ボルト当て板補修されたトラス部材のモデル

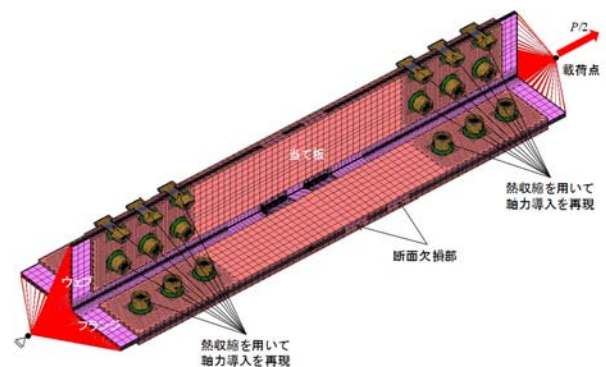


図-3 解析モデルの一例

キーワード 当て板補修, 高力ボルト, トラス斜材  
 連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-6368-0926

245 N/mm<sup>2</sup>, 高力ボルトの降伏応力を 1,000 N/mm<sup>2</sup> とし, 鋼のヤング率を  $E=200$  kN/mm<sup>2</sup>, ポアソン比を  $\nu=0.3$  とした. 解析モデル名は, 格子配置で Model-D ( $t_{wd} - t_{fd}$ ) P  $t_p$  ( $l_d - l_b$ ), 欠損平行配置で Model-D ( $t_{wd} - t_{fd}$ ) DP  $t_p$  ( $l_d - l_b$ ) とした.

### 3. 当て板補修されたトラス斜材の分担軸力の推定

断面欠損部を含むボルト間長で, 断面欠損を有するトラス斜材の各当て板の伸びが一定であると仮定する. さらに, 載荷荷重  $P$  とトラス斜材と全ての当て板の分担軸力の関係から, 次式のトラス斜材の分担軸力  $N_s$  と当て板の合計の分担軸力  $N_p$  を算出する.

$$N_s = \frac{(z_1 + 2z_2)l_b}{2z_1l_b + 2z_2l_b + z_1z_2} P \quad (1) \quad N_p = \frac{z_1l_b + z_1z_2}{2z_1l_b + 2z_2l_b + z_1z_2} P \quad (2)$$

$$z_1 = \left\{ l_b - \sum_{i=1}^n (l_{di}) \right\} / A_f + \sum_{i=1}^n (l_{di} / A_{fdi}) \quad (3)$$

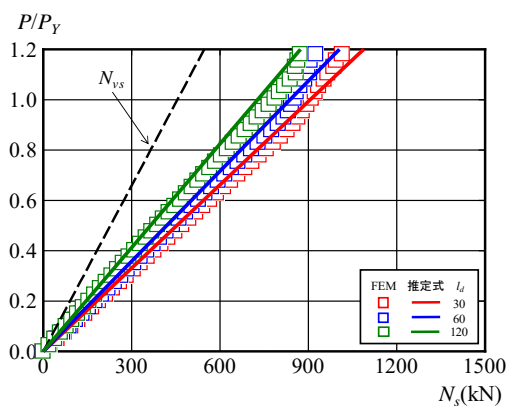
$$z_2 = \left\{ l_b - \sum_{i=1}^n (l_{di}) \right\} / A_w + \sum_{i=1}^n (l_{di} / A_{wdi}) \quad (4)$$

ここに,  $l_b$  はボルト間長(図-1),  $l_{di}$  は  $i$  番目の断面欠損長さ,  $A_w, A_f$  はそれぞれウェブ, フランジの断面積,  $A_{wdi}, A_{fdi}$  はそれぞれ  $i$  番目の断面欠損部のウェブ, フランジの断面積,  $i$  は断面欠損の分割番号,  $n$  は断面欠損の分割数である.

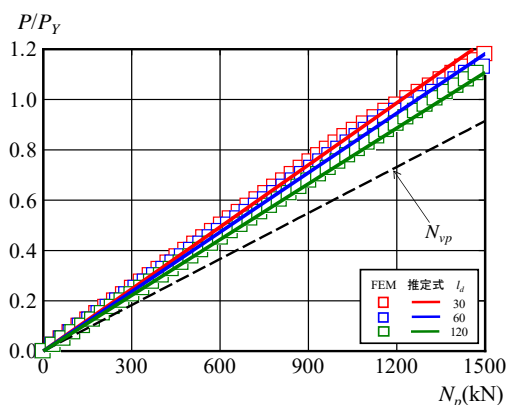
### 4. 解析結果

図-4 に, 載荷荷重  $P$  と断面欠損を有するトラス斜材の分担軸力  $N_s$  との関係, 載荷荷重  $P$  と当て板の合計の分担軸力  $N_p$  の関係の一例を示す. 図には, 断面欠損部のトラス斜材と全ての当て板の合成断面から算出される分担軸力  $N_{vs}, N_{vp}$  を破線で示す. また, 図の縦軸は, トラス斜材の純断面降伏荷重  $P_Y (=1,910$  kN) で無次元化している. 図からわかるように, 断面欠損部のトラス斜材と当て板の合成断面から算出される分担軸力  $N_{vs}, N_{vp}$  は FEM 解析結果と異なる傾向を示す. 一方, 式(1), (2)から算出される断面欠損を有するトラス斜材と当て板の合計の分担軸力は, 線形性を示す範囲で, FEM 解析結果に近いことがわかる. また, 断面欠損長さ  $l_d$  が短くなるとトラス斜材の分担する軸力が大きくなる事も式(1)で再現できている.

図-5 に, 格子配置と欠損平行配置の場合の載荷荷重  $P$  とトラス斜材の分担軸力  $N_s$  の関係を示す. 図に示すように, 格子配置した Model-D(2.25-2.75)P9(30-600)の  $N_s$  と, 欠損平行配置した Model-D(2.25-2.75)DP9(30-495)の  $N_s$  はほぼ重なっており, トラス斜材の分担軸力に大きな違いが見られなかった. また, それぞれの補修方法に対して定義したボルト間長  $l_b$ (図-1)を用いて, 式(1)から算出されるトラス斜材の分担軸力も同様に差異は小さく, 線形性を示す範囲で FEM



(a) トラス斜材の分担軸力



(b) 当て板の合計分担軸力

図-4 載荷荷重と分担軸力の関係(Model-D(2.25-2.75)P9( $l_d=600$ ))

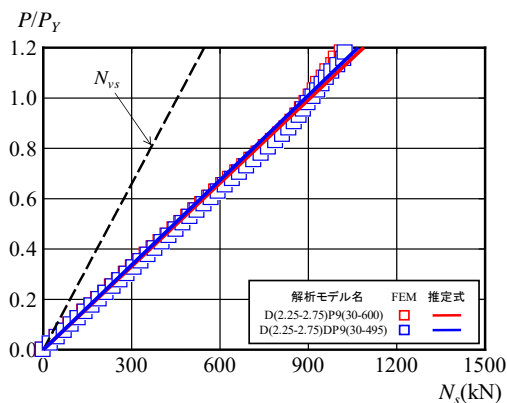


図-5 格子配置と欠損平行配置による分担軸力の比較

解析結果に近いことがわかる. したがって, 式(1)を用いてトラス斜材の分担軸力が推定できることがわかる.

### 5. まとめ

本研究では, トラス斜材と当て板の合計の分担軸力の推定式を導出した. そして, それらが FEM 解析結果に近い値を示すことを明らかにした.

#### 参考文献

- 1) 石川敏之, 八重垣諒太: 軸力を受ける高力ボルト添接補修された断面欠損鋼部材の分担軸力の推定, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.77, No.1, pp93-106, 2021.